

## **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

### ***PROBLEMS OF SAFETY AND ECOLOGY IN WOOD PROCESSING***

УДК 699.812.2

**В.М. Балакин, А.В. Стародубцев**

(V.M. Balakin, A.V. Starodubcev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ),

**М.А. Красильникова, М.И. Смолников**

(M.A. Krasil'nikova, M.I. Smolnikov)

(Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: Emoruragok@mail.ru

### **ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ АМИНОЛИЗА ПЭТФ**

#### **PREPARATIONS FOR FIRE WOOD-BASED PRODUCTS PET AMINOLYSIS**

*В данной работе рассмотрено получение огнезащитных составов (ОЗС) для древесины из продуктов взаимодействия полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с алифатическими ди- и полиаминами, а также этаноламинами путем их фосфорилирования по реакции Кабачника–Филдса [1].*

*In this work receiving fireproof structures for wood from products of interaction of polyethyleneterephthalate with aliphatic di- and polyamines, and as ethanolamines by their phosphorylation on Kabachnika–Filds's reaction is considered [1].*

Все органические вещества и материалы, природные и синтетические, в определенных условиях проявляют способность к воспламенению и горению. Древесина является важнейшим строительным материалом, и её существенным недостатком является горючесть [2]. В качестве алифатических аминов были использованы этилендиамин (ЭДА), гексаметилендиамин (ГМДА), полиэтиленполиамин (ПЭПА), моноэтаноламин (МЭА), диэтаноламин (ДЭА) и триэтаноламин (ТЭА). В качестве ПЭТФ использовались отходы производства ЗАО «Ада-Уралпласт» (г. Екатеринбург). Молекулярная масса ПЭТФ, определённая вискозиметрическим методом [3], составила 83000 единиц.

Реакцию взаимодействия ПЭТФ с амином проводили при соотношении ПЭТФ:амин 1:2 в диапазоне температур 90–180 °С в течении 2–5 часов. В предыдущих работах [4, 5] методами элементного анализа и ИК-спектроскопии было установлено, что в результате взаимодействия ПЭТФ с ЭДА, ГМДА и ПЭТА и МЭА образуются диамины терефталевой кислоты и этиленгликоль.

Продукт взаимодействия ПЭТФ с ДЭА и ТЭА представляют собой вязкий расплав темно-желтого цвета, затвердевающий при охлаждении. После добавления к реакционной массе соляной кислоты выпал осадок. Полученный осадок был изучен методом ИК-спектроскопии на спектрометре Nicolet 6700, фирмы Thermo Electron Corporation и элементным анализом. Маточник был изучен методом газожидкостной хроматографии совмещенной с масс-спектрометрией.

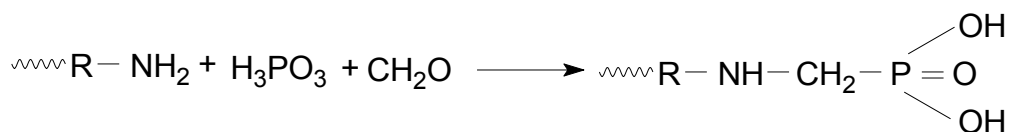
Сравнивая ИК-спектры продуктов взаимодействия ПЭТФ с ДЭА, ПЭТФ с ТЭА и ПЭТФ, можно отметить, что полоса поглощения в области  $1710,6 \text{ см}^{-1}$  характерная для валентных колебаний сложноэфирной группы ПЭТФ; в продукте деструкции отсутствует. В продуктах, образовавшихся при взаимодействии ПЭТФ с ДЭА и ПЭТФ с ТЭА, обнаружены полосы в области  $1683,6$  и  $1683,1 \text{ см}^{-1}$ , что соответствует валентным колебаниям  $\text{COOH}$ -группы [6]. ИК-спектры продуктов взаимодействия ПЭТФ с ДЭА и ПЭТФ с ТЭА идентичны ИК-спектрам терефталевой кислоты (ТФК).

По данным элементного анализа следует, что во всех осадках отсутствует N. Содержание углерода и водорода составляет примерно 57,4 и 3,8 % соответственно. Что совпадает с вычисленными значениями для ТФК.

По данным газо-жидкостной хроматографии, совмещенной с масс-спектроскопией, следует, что в маточнике содержится этиленгликоль (20,5 %) и 1,4-бис-2-дигидроксиэтилпиперазин (61 %).

Таким образом, на основе данных исследований можно сказать о реакции ПЭТФ: ДЭА идет в 2 стадии – на первой происходит циклизация ДЭА в 1,4-бис-2-дигидроксиэтилпиперазин и выделяется вода, а на второй происходит гидролиз ПЭТФ до терефталевой кислоты и этиленгликоля.

Продукты аминотерминации ПЭТФ, представляющие смесь диамидов ТФК, этиленгликоля и не прореагировавших аминов, были использованы для получения фосфорсодержащих огнезащитных составов (ОЗС). Продукты аминотерминации подвергались обработке формальдегидом, соляной и фосфористыми кислотами при температуре  $90^\circ\text{C}$  в течение 2-х часов. В этих условиях происходило образование  $\alpha$ -аминометиленфосфоновых кислот [2].



Полученные водные растворы  $\alpha$ -аминометиленфосфоновых кислот были нейтрализованы водным раствором аммиака до значения  $\text{pH} = 7$  (см. таблицу).

Физико-химические свойства огнезащитных составов

Огнезащитный состав	ОЗС ПЭТФ-ЭДА	ОЗС ПЭТФ-ПЭПА	ОЗС ПЭТФ-ГМДА	ОЗС ПЭТФ-МЭА	ОЗС ПЭТФ-ДЭА
Внешний вид	Жидкость светло-желтого цвета	Жидкость коричневого цвета	Жидкость светло-желтого цвета	Жидкость светло-желтого цвета	Жидкость темно-желтого цвета
Массовая доля сухого остатка, %	46,8	58,3	40,6	43,7	44,07
Плотность, $\text{г/м}^3$	1,129	1,33	1,098	1,18	1,18
Условная вязкость, с	11	12	10	12	12
pH	7	7	7	7	7

Из литературы известно, что аммонийные соли  $\alpha$ -метиленфосфоновых кислот являются эффективными замедлителями горения древесины [7].

Для первичной оценки огнезащитной эффективности полученных ОЗС были проведены испытания методом «огневой трубы», который описан в ГОСТе 17088-71 [8]. Определялась потеря массы образцов сосны размерами 100×35×5 мм в зависимости от расхода огнезащитного покрытия. Результаты испытаний и характеристика составов соответственно приведены на рисунке 1 и в таблице.

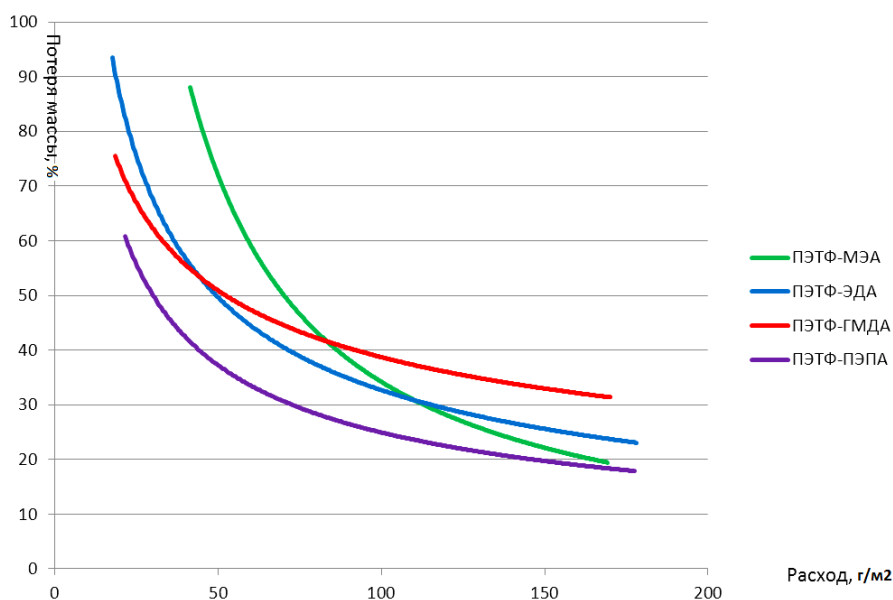


Рис. 1. Зависимость потери массы образцов древесины от расхода ОЗС на установке «огневая труба»

Как видно из рисунка, данные составы обладают огнезащитными свойствами, и при расходе 150–200 г/м<sup>2</sup> потеря массы древесины составляет менее 20 %.

Для предварительного определения группы огнезащитной эффективности полученных ОЗС применялся метод, описанный в ГОСТе 16363-98 [9], с использованием установки типа ОТМ (огневая труба модифицированная) на образцах древесины сосны размерами 150×60×30 мм. Результаты испытаний приведены на рисунке 2.

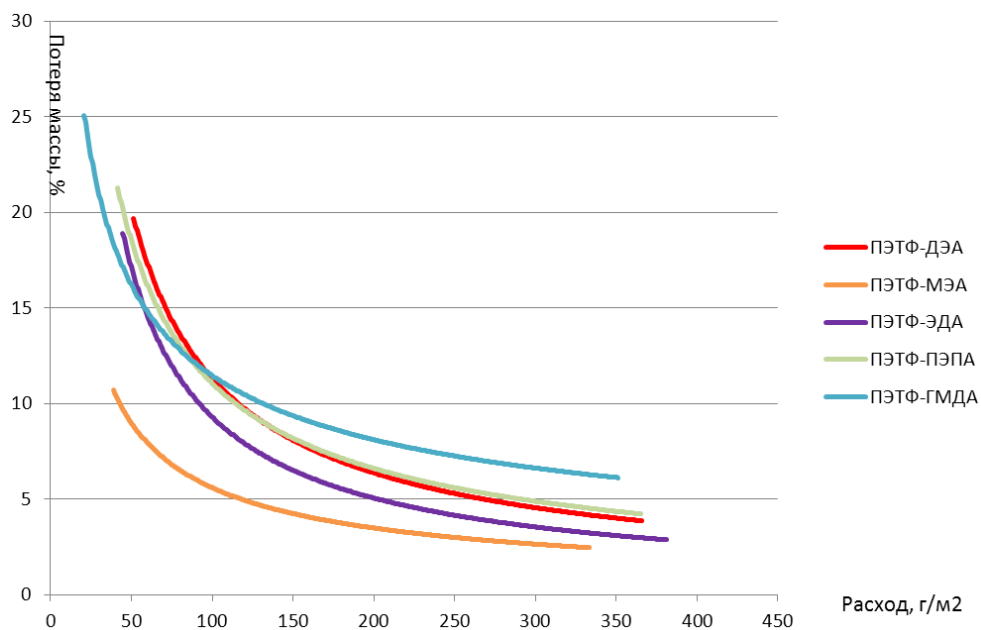


Рис. 2. Зависимость потери массы образца от расхода ОЗС

Из рисунка видно, что все полученные ОЗС обладают высокой эффективностью, и при расходе 100 г/м<sup>2</sup> потеря массы составляет менее 10 %.

Таким образом, изучена реакция аминолита ПЭТФ алифатическими аминами. На основе продуктов их взаимодействия получены фосфорсодержащие ОЗС, обладающие высокой огнезащитной эффективностью для древесины. В дальнейшем планируется проведение испытаний полученных огнезащитных составов согласно СП 2.13.130.2009 «Система противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

### Библиографический список

1. Черкасов, Р.А. Реакция Кабачника-Филдса: синтетический потенциал и проблема механизма / Р.А. Черкасов, В.И. Галкин // Успехи химии. – 1998. – № 67 (10). – С. 940–968.
2. Асеева, Р.М. Горение древесины и ее пожароопасные свойства: монография / Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков. – М., 2010.
3. Рафиков, С.Р. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений / С.Р. Рафиков, С.А. Павлова, И.И. Твердохлебова. – М.: АН СССР, 1963. – 337 с.
4. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолита ПЭТФ диаминами и полиаминами / В.М. Балакин, М.А. Красильникова, А.В. Стародубцев, Д.Ш. Гарифуллин, А.П. Киселева. – М: Пожаровзрывобезопасность, 2012. – Т. 21. – № 2. – С. 27–30.
5. Балакин, В.М. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолита полиэтилентерефталата моноэтаноломином / В.М. Балакин, А.В. Стародубцев, М.А. Красильникова, А.П. Киселева. – М.: Пожаровзрывобезопасность, 2011. – Т. 20. – № 9. – С. 26–30 с.
6. Купцов, А.Х. Фурье-КР и фурье ИК-спектры полимеров / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. – М.: Физматлит, 2001. – 581 с.
7. Балакин, В.М. Исследование аминометилефосфонатов в качестве антипиренов для древесных плит / В.М. Балакин, В.С. Таланкин, Ю.И. Литвиницеи [и др.] // Технология древесных плит и пластиков: межвузовск. сборник. – Свердловск: УПИ, 1983. – С. 76–79.
8. ГОСТ 17088-71. Пластмассы, метод определения горючести.
9. ГОСТ 16363-98. Средства огнезащитные для древесины. Метод определения огнезащитных свойств.

УДК 66.074.912

**К.К. Джаманбалин** (K.K. Dzhamanbalin)  
(Костанайский социально-технический университет  
им. академика З. Алдамжар, г. Костанай, Казахстан)  
E-mail для связи с автором: pkkstu@mail.ru

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК «ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ»

### PRACTICAL APPLICATIONS OF CARBON NANOTUBES “CHRYBOTILE ASBESTOS”

*В данной работе рассматривается возможность использования углеродных нанотрубок из хризотил-асбеста в качестве фильтров для очистки жидкостных и газовых сред.*